

# Silicificación y paleokarstificación en depósitos evaporíticos continentales (Hoya de la Sima, Jumilla)

M.A. Bustillo<sup>1</sup>, C. Arias<sup>2</sup> y L. Vilas<sup>2</sup>

1 Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. José Gutiérrez Abascal. Madrid 28006. abustillo@mncn.csic.es

2 Instituto de Geología Económica CSIC-UCM. Dpto. Estratigrafía. Fac. Ciencias Geológicas. Univ. Complutense. Madrid 28040. vilasl@eucmax.sim.ucm.es

## ABSTRACT

*In the Northwest of the locality of Jumilla (Murcia, Spain) several evaporitic deposits with opaline cherts are found. The evaporites are mainly lenticular gypsums, which show, at the base, millimetric levels of micrites with ostracods and, at the top, a bioturbated carbonated gypsum bed. The opaline cherts are composed of quartz, opal CT and relics of host rocks (gypsum and calcite). A latter karstification affected these deposits and several karstic fillings with fragments of opaline cherts appear. The gypsums were deposited in a small, shallow (the presence of mammal tracks indicates a stage when the lakebed was exposed) and closed continental lake, between the Upper Miocene and the Pliocene. The opaline cherts were formed by early silicification of the bioturbated carbonated upper bed and by a "per descensum" silicification of the gypsums, mainly through fractures. The very rich silica solutions that produced the opaline cherts probably come from springs and fractures that are found in the zone.*

**Key words:** opal, gypsum, continental, silicification, karstification.

## INTRODUCCIÓN

La presencia de niveles lenticulares y nódulos de sílex, en depósitos yesíferos, es un hecho patente en muchas cuencas continentales terciarias españolas. Su extensión, forma y magnitud pueden ser muy variables, pero sus características petrológicas son bastante constantes, ya que el cuarzo suele ser el único mineral constituyente y las texturas son las típicas de los ambientes evaporíticos (Arbey 1980). La cuenca de la Hoya de la Sima constituye una excepción a este hecho porque el sílex está formado en numerosos casos por ópalo.

El objetivo de este trabajo es presentar los primeros resultados del estudio de las diferentes facies que aparecen en esta pequeña cuenca, considerando la relación entre los depósitos evaporíticos, su silicificación, y los procesos de karstificación posteriores.

## MARCO GEOLÓGICO

El afloramiento está situado en las proximidades del Km. 13 de la carretera de Jumilla a Ontur, al NW de la primera localidad. Es una antigua cantera donde se extraían lajas de yeso, a favor de la estratificación, para solar bodegas. En la foto aérea, se aprecia que se extiende hacia el E. pero las labores agrícolas han cubierto estos materiales de un suelo bastante importante. Los yesos están fuertemente karstificados y en la actualidad funcio-

nan numerosos sumideros que dan lugar al nombre del paraje.

Se sitúa en una franja de materiales terciarios que separa dos afloramientos mesozoicos; el meridional corresponde al Dominio Sedimentario Prebético y el septentrional al Dominio Sedimentario de Albacete (Vilas y Querol, 1999). La franja de los yesos corresponde (en profundidad) a la traza de la falla lítrica de borde que separa ambos Dominios.

En cuanto a su edad, solamente existe la datación de la cartografía geológica del Plan Magna (Hoja nº 844 Ontur, 1981) en la que se le atribuye una edad Turoliense por correlación con afloramientos similares en la zona de Hellín. Recientemente se han encontrado en los yesos numerosas huellas de vertebrados superiores (Herrero 1997, Pérez Lorente 1999), que junto a la microfauna recogida en este trabajo están en estudio.

## RELACIONES ESTRATIGRÁFICAS DE LOS MATERIALES Y TIPOS DE MANIFESTACIONES SILÍCEAS

Los yesos están bien estratificados y se pueden dividir en seis tramos limitados por planos que destacan morfológicamente y con total continuidad en la cantera. No aflora la base de la misma. El espesor visible es de 8 m.

Los tramos uno y dos están formados por yesos semicompactos que llevan intercalaciones milimétricas



carbonáticas. Dos niveles blancos pulverulentos de yesolutitas-arenitas de entre 2 y 8 cm forman el techo de cada nivel. Todas las manifestaciones silíceas de esta unidad son de escasa magnitud y nunca afectan a las yesolutitas-arenitas. Son silicificaciones puntuales, o en grietas, nódulos y niveles lenticulares de pocos centímetros originando un sílex grisáceo. Se observa además que acumulaciones centimétricas de sílice a lo largo de grietas producen luego silicificaciones laterales que constituyen niveles lenticulares paralelos a la estratificación.

Los tramos tres y cuatro están formados por yesos de aspecto masivo en los que no se reconoce sílex a simple vista. En los niveles de la base del tramo cuatro aparecen numerosas huellas de vertebrados superiores.

Los tramos cinco y seis están constituidos por yesos lenticulares compactos sin intercalaciones carbonáticas. En huecos hay rellenos de macrocristales de yesos y tapizados de yesos fibrosos. Presenta nódulos de sílex de mayor entidad (hasta 30 cm de espesor) que tienen frecuentemente color blanco y brillo céreo y que se localizan en la parte superior. Su forma es variable aunque suelen ser concordantes con la estratificación. También hay películas silíceas milimétricas en pequeñas grietas. Se mezclan a veces tonos grises y blanquecinos.

Formando el techo de la sucesión (y levantadas por los tractores para cultivar el terreno) se encuentran unas calizas yesíferas o yesos carbonáticos intensamente bioturbados (frecuentemente burrows). La silicificación es intensa y afecta preferentemente a las bioturbaciones, aunque llegan a aparecer nódulos y cuerpos nodulares de sílex de hasta 50 cm, que reemplazan toda la roca.

Discordantes sobre las calizas y con una fuerte superficie erosiva en la base, se encuentran unas areniscas rojizas, heterométricas, con cantos de cuarzo y cuarcita, bien redondeados, que se apoyan indistintamente sobre las calizas del techo de la secuencia anterior o sobre los niveles cinco y seis, siendo la erosión más intensa hacia el norte.

Todos los niveles yesíferos están karstificados, reconociéndose en los cuatro primeros, profundas grietas verticales, a veces rellenas de sílice. Por el contrario, en los niveles cinco y seis, se distinguen grandes cavidades generadas por disolución de los yesos y rellenas por sedimentos. Se reconocen dos tipos de rellenos diferentes: unos, de color blanco, pulverulentos, carbonáticos y a veces laminados; en ellos se encuentran numerosos clastos de las bioturbaciones silicificadas. Otros son depósitos arenosos y rojizos, de grano muy fino y homométrico que presentan abundantes estructuras tractivas: estratificación cruzada planar, superficies de reactivación, bases erosivas... En algunos depósitos de lag se encuentran también fragmentos de las bioturbaciones silicificadas del nivel del techo de la serie. Estas arenas limolíticas rojizas provienen de la erosión de las areniscas rojizas discordantes sobre el nivel de calizas bioturbadas.

## CARACTERÍSTICAS PETROLÓGICAS

### Depósitos yesíferos

Se diferencian cuatro litofacies yesíferas, además de los diferentes rellenos kársticos de macrocristales y cristales fibrosos de yesos en huecos.

1. Yesos lenticulares con intercalaciones carbonáticas milimétricas (3 mm máximo). Los yesos presentan gran variación de tamaño (entre 40  $\mu$ m y 2 mm) y mayoritariamente tienen forma lenticular. Los carbonatos están concentrados en niveles muy finos de micrita con ostracodos o constituyendo la matriz de los cristales lenticulares de yeso. Fuera de los niveles carbonáticos, aparece también calcita, como inclusiones de microsparita dentro de los cristales de yeso. En ocasiones, estas inclusiones reflejan formas lenticulares más pequeñas indicando recrecimiento de las lenticulas. Muy puntualmente podrían existir también inclusiones de anhidrita. Cuando los cristales lenticulares son grandes y están rodeados por matriz micritica presentan bordes de corrosión.

2. Yesolutitas-arenitas sueltas. Aunque predominan los tamaños de partícula pequeños (entre 10 y 80  $\mu$ m), se observan también fragmentos de cristales mayores (de hasta 800  $\mu$ m). En las partículas pequeñas se detectan minúsculos cristales lenticulares.

3. Yesos lenticulares de tamaño variable, mezclados con yesos secundarios de diferentes tipos y observándose recrecimientos en los primeros. Los carbonatos son escasos y, casi siempre, están como inclusiones de microsparita dentro de los cristales de yeso. En ocasiones parece existir también inclusiones de anhidrita. A veces, aparecen yesos pequeños más isométricos (de 20 a 60  $\mu$ m) constituyendo formas nodulares de entre 1 y 4 mm. Estos nódulos nunca poseen carbonatos.

4. Calizas yesíferas. Se trata de mezclas al 50% de calcita y yesos. Son entramados de cristales de microsparita con cristales de yeso, de diferentes formas (lenticulares, elongados, isométricos) y tamaños (entre 50 y 800  $\mu$ m). Aparecen también relictos de micrita que, a veces, se localiza en pseudomorfos de cristales lenticulares pequeños de yeso. Las partes bioturbadas están formadas mayoritariamente por sílice, habiendo desaparecido los yesos y la mayoría de los carbonatos.

### Litofacies silíceas

Mediante DRX se ha determinado que los sílex están constituidos por cuarzo (sílex grisáceos) o mezclas de cuarzo y ópalo CT (sílex blancos), además de los relictos de las rocas caja (yeso y calcita). El ópalo se encuentra en cantidades variables entre un 30 y un 70 % y el pico próximo a 4,11 Å varía entre 4,07 y 4,12 Å, indicando diferentes estados estructurales (Bustillo *et al.* 1999), consecuencia posiblemente de mezclas diferentes de cristobalita y tridimita.



En lámina delgada el ópalo, que aparece en las secuencias yesíferas, se presenta con textura masiva, constituyendo la pasta que engloba los pseudomorfos de cristales lenticulares de yeso, casi siempre constituidos por cuarzo. Cuando el ópalo se presenta en pequeña proporción, constituye películas delgadas entre los pseudomorfos lenticulares y se manifiesta mas transparente. En estas películas aparecen diminutas esferas que van evolucionando a pequeños hexágonos. Este cambio en la forma es posiblemente consecuencia del comienzo del envejecimiento a cuarzo, y es el único carácter que existe claro de envejecimiento. El ópalo presente en las bioturbaciones es muy masivo y no se observan envueltas concéntricas que puedan indicar que se trata de rizolitos (Jones *et al.* 1998).

En todos los tipos de manifestaciones síliceas la textura mayoritaria del cuarzo es la lutecita que se encuentra dentro de la totalidad de las formas lenticulares de yeso. Megacuarzos aislados o formando rosetas y quartzine aparecen solo localmente. Quartzine se produce en las silicificaciones donde además de yesos hay afectados carbonatos, y no siempre. Ninguna de estas texturas se considera que provienen del envejecimiento del ópalo, sino por directa silicificación. La calcedonite es muy escasa y se encuentra ligada al relleno de porosidades tardías en todos los tipos de sílex. La parte media de la serie aunque visualmente no presentaba nódulos de sílex, sí tiene silicificaciones puntuales de lutecita y megacuarzos en rosetas sobre los yesos. En la parte superior la silicificación es muy intensa y se diferencian dos etapas de silicificación. La primera afecta sólo a las bioturbaciones y la segunda a la totalidad de la roca constituyendo cuerpos nodulares.

### Depósitos Kársticos

Los rellenos kársticos son muy variables debido a que se alimentan de los yesos y de varias formaciones superiores. Es obvia su descripción por extensa y únicamente señalamos que en algunos depósitos laminados blancos aparece celestina y que los fragmentos de bioturbaciones silicificadas son muy frecuentes.

### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La existencia conjunta de yesos lenticulares de pequeño tamaño con otros secundarios de mayor talla, y la observación de recrecimientos en algunos lenticulares, pone de manifiesto las transformaciones de las secuencias yesíferas, que eran muy someras, como lo demuestra la aparición de huellas fósiles de vertebrados superiores. En la base, niveles yesíferos de pocos milímetros se intercalan con otros carbonáticos que llevan ostrácodos y que indican aguas algo menos salinas.

La serie termina en un nivel duro continuo, con mayor proporción de carbonatos constituyendo un nivel mixto

calcoyesífero, que se formó en un ambiente menos salino y que se caracteriza por su intensa bioturbación.

La importancia y magnitud de las manifestaciones síliceas son mayores en la parte superior de la serie. El ópalo no existe en los sílex de la base, va adquiriendo importancia en los sílex de la secuencia 5, y es el componente mayoritario de las calizas yesíferas superiores.

En general la silicificación de las secuencias yesíferas es tardía porque afecta tanto a los yesos lenticulares primarios como a los secundarios. La observación en el campo de que la sílice se distribuye, en ocasiones, a través de grietas tardías corrobora además esta hipótesis. El caso de las calizas yesíferas bioturbadas es diferente y puede haber sido temprana. Se observa que los canales de bioturbación son las zonas preferentes de silicificación probablemente porque la materia orgánica que poseían, al estar todavía sin degradar, facilitó la fijación de la sílice, además de que por su porosidad y permeabilidad fueron vías preferentes de difusión. En este sentido, Lawrence 1993, considera que los burrows de morada, en los que se genera mayor porosidad y materia orgánica, tienen mayor predisposición a silificarse.

Las texturas de cuarzo hablan de una silicificación típica de yesos, donde las aguas intersticiales a partir de las cuales precipita la sílice son ricas en sulfatos. La aparición de calcedonite, solo puntualmente en ciertos rellenos, indicaría un cambio de aguas a menos salinas, pero muy tardíamente y aisladamente. El ópalo, sin embargo, no suele ser típico en la sustitución de yesos (Bustillo 1999), ya que en estos ambientes la presencia de sulfatos retardan la velocidad de precipitación de la sílice y el cuarzo sale favorecido frente al ópalo (Arbey 1980). Existe alguna referencia sobre la presencia de ópalo en yesos pero muy puntualmente y sin discutir las causas (Salvany *et al.*, 1994), o relacionado con gypcretas (Armenteros *et al.*, 1995). El ópalo se forma en general cuando las soluciones silificantes poseen concentraciones muy altas de sílice y en nuestro caso, independiente de la fuente de la sílice, esto sería favorecido por el endorreísmo de la cuenca.

El ordenamiento temporal de los procesos puede resumirse en: 1) Sedimentación de los yesos en una laguna endorreica somera con aumento paulatino de la salinidad hacia techo. 2) Colmatación de la cuenca con establecimiento al final de depósitos algo menos salinos que se ven afectados por una intensa bioturbación. 3) Silicificación temprana y generalizada de los últimos depósitos, por aguas muy concentradas en sílice que afectan inicialmente a las bioturbaciones y posteriormente a la totalidad de la roca. 4) Silicificación descendente sobre los yesos inferiores, a favor de las grietas del karst incipiente y a través de la contaminación con sílice de los fluidos intersticiales. En el momento de esta silicificación, que puede ser coetánea con la anterior, los yesos poseen ya facies secundarias que son afectadas. 5) Creación y relleno de grandes cavidades kársticas, participando en este relleno clastos de las bioturbaciones silicificadas.



En cuanto a la procedencia de la sílice, en principio no es evidente, pero cabe citar la existencia de fuentes saladas de agua en las proximidades, así como fracturas, cubiertas actualmente por materiales pliocuaternarios, que estarían en relación con aquellas que favorecieron la salida de las rocas volcánicas de Jumilla en el Turoliense.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha beneficiado de la subvención de los proyectos PB98-0668-CO2-01 y PB97-330 de la DGICYT. Los autores agradecen a los miembros del Museo Municipal de Jumilla: C. Herrero, E. Hernández y R. Martínez, por su ayuda y colaboración en las investigaciones.

## REFERENCIAS

- Arbey, F. (1980): Les formes de la silice et l'identification des évaporites dans les formations silicifiées. *Bull. Cent. Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine* 4: 309-365.
- Armenteros, I., Bustillo, M.A. y Blanco, J.A. (1995): Pedogenic and groundwater processes in a closed Miocene basin (northern Spain). *Sedimentary Geology* 99: 17-36.
- Bustillo, M.A. (1999): Cherts y otras rocas de la sílice formadas por reemplazamiento: indicadores estables de ambientes diagenéticos. *Dinámica de las interacciones entre agua y minerales en medios de baja temperatura (meteorización, diagénesis, metasomatismo)*, (I. Armenteros, J.A. Blanco y E. Merino, Eds.). *Curso Extraordinario*, Salamanca: 103-109.
- Bustillo, M.A., García, R. y García Pérez, M.V. (1999): Estados estructurales del ópalo CT en rocas opalinas sedimentarias e hidrotermales. *Bol. Soc. Esp. Min.* 22 A: 21-22.
- García de Domingo, A., López Olmedo, F., Baena, J. y Gallego, I. (1984): Mapa Geológico de España E. 1:50.000. Hoja nº 844(Ontur). IGME. Madrid, 43 p.
- Herrero, C. (1997): Las huellas fósiles de la Hoya de la Sima. El Picacho. *Asoc. Amigos de Jumilla*. Año XVI, nº 93: 21-22.
- Jones, B., Renaut, R.W., Rosen, M.R., y Klyen, L., (1998): Primary siliceous rhizoliths from loop road hot springs, North Island, New Zealand: *Journal of Sedimentary Research*, 68: 115-123.
- Lawrence, M. (1993): Sedimentology and petrography of early diagenetic chert and dolomite in the Late Cretaceous-early Tertiary Amuri Limestone Group, Eastern Marlborough, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 36: 9-25.
- Pérez-Lorente, F., Serrano, F., Rodríguez, T., Mancheño, M.A. y Romero, M. (1999): Pisadas fósiles de mamíferos en el Mioceno Superior de la Hoya de la Sima (Jumilla, Murcia, España). *Revista Española de Paleontología*, 14: 257-267.
- Salvany, J.M., Muñoz, A. y Pérez, A. (1994): Nonmarine evaporitic sedimentation and associated diagenetic processes of the Southwestern margin of the Ebro Basin (Lower Miocene) Spain. *Journal of Sedimentary Research*, A64: 190-203.
- Vilas, L. y Querol, R. (1999): El límite septentrional de la extensión prebética en el sector de Murcia. *Libro Homenaje a José Ramírez del Pozo*. AGGEP: 219-226.